# 调频覆盖特点与并机试验

**摘　要**：本文就调频覆盖的特点深入探讨，并对利用两部 10KW 调频发射机进行并机试验，介绍了调频发射机并机发射需要解决的技术问题，实现发射功率提升，达到预期收听效果，有利于节约成本。基于对视距传输、覆盖场强计算、调频广播并机传输进行了分析和总结。

**关键词**：调频发射；视距传播；场强归一化计算；并机实验；场强测试；主观评价

**中图分类号**：TN934.2　　**文献标识码**：A

**文章编号**：1671-0134（2017）12-064-02　　**DOI**：10.19483/j.cnki.11-4653/n.2017.12.020

文 / 胡士杰



调频广播以高质量信息传输，强抗电磁干扰能力，收发系统工作稳定、运维成本低、接收便捷等特点，成为广播电台无线覆盖最主要的技术手段。如何有效提升调频广播的覆盖质量和听收效果，是所有电台的管理者和技术人员的共同愿望。

### 1. 无线调频覆盖效果与发射台站高度及功率的关系

调频广播的传输特性是以视距直线传播为主，覆盖范围一般只能在发射天线的视距 D 范围内，视距传输可简单用 $D=(\sqrt{H}+\sqrt{T})\times 4.12(\text{km})$（H 和 T 对应于发射天线架设位置的有效高度和接收天线有效高度，单位 m）公式描述。也就是说调频广播的有效覆盖范围与天线的架设高度、接收天线高度存在正相关性，即调频天线越高，相同的发射功率会有更广阔的覆盖范围，所以目前调频发射站点多选在高山等相对位置较高的位置，同样的发射功率就能实现较远的传输覆盖范围。

如：某台站相对高度 1132m，天线挂高 30m，接收高度 10 米计算，按视距传播距离公式计算：

$$D=(\sqrt{H}+\sqrt{T})\times 4.12(\text{km})=\sqrt{(1132+30)}+\sqrt{10}=153\text{km}$$

按 ITU-R P.1546-4 建议书表述出不同高度发射天线的场强覆盖情况见图 1。

按 ITU — R370 — 5 建议书标准，场强随天线有效高度的变化按对数线性关系计算：

$$E=E1+(E2-E1)\times\frac{\lg\left(\frac{h}{h1}\right)}{\lg\left(\frac{h2}{h}\right)}$$

式中 E1、E2 分别相应于高度为 h1，h2 时的场强值，通过调频覆盖特性图 1 查出。且 h1 ≤ h ＜ h2。

恰当的发射功率能让位置优势得到充分发挥，一部发射机的有效辐射功率按公式 $P_e=10\lg P+G-L$ 计算，式中 P 为发射机标称输出功率，L 为馈线损耗（典型值 1dB），G 为发射天线增益（六层四面天线增益典型值 10.3dB）。

10KW 发射系统有效辐射功率：$P_e=10+10.3-1=19.3\text{dB}$

覆盖服务场强计算：$E=P_e+E_i(50,T)-A(\triangle h)$

式中 $P_e$ 为有效辐射功率（dB），$E_i$ 为归一化服务场强，通过查表或查图 1 所得。A 为地型崎岖度衰减校正系数见图 2。

如：在相对平坦、距此 10KW 调频发射机 50 公里处，覆盖情况典型值 $E=19.3+67.9-18=68.6\text{dB}$。

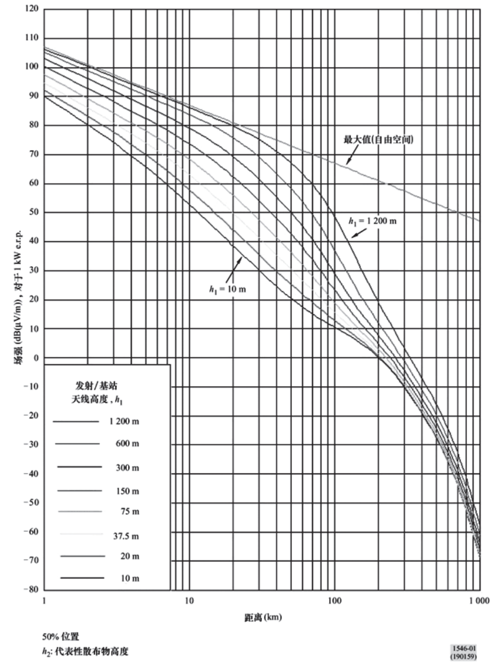



图 1　调频广播覆盖场强与天线高度关系

| 发射机标称功率换算表 | |
|---|---|
| 功率的千瓦数 | 功率的 dB 数 |
| 1kW | 0 dB |
| 3kW | 5 dB |
| 5kW | 7 dB |
| 10kW | 10 dB |
| 30kW | 15 dB |

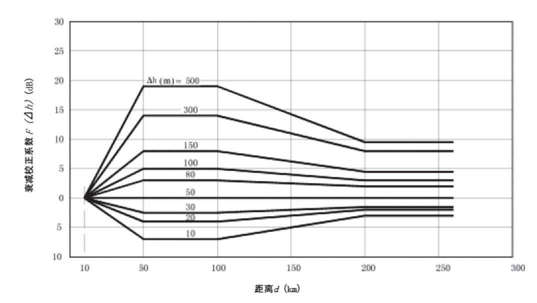



图 2　衰减校正系数与距离的关系

随着中国城镇化发展战略的实施，城市框架不断拉大，高层建筑越来越多，各类无线电基础设施及应用广泛使用，市区电磁环境日趋恶化，原有功率等级的发射机在城区的覆盖效果逐步恶化。近期，我台利用一台备用发射机与主用发射机进行并机播出发射试验，寄希望达到或接近单台 20KW 的覆盖效果，简单按场强公式计算，理论上并机后功率增加 1 倍，覆盖区域的场强应较并机前增加 3 分贝，能够明显改善城区的覆盖收听效果。

## 2. 技术实验

试验在同品牌、同型号的 HARRIS 10KW 发射机进行，原来这两部机器作为主备机使用。调频发射机特别是大功率发射机并机，首先要保证两部发射机同步播出。按 GY/T154–2000《调频同步广播系统技术规范》标准要求，应解决两部发射机的同频、同相、同调制度要求。也是保证两部发射机同步播出和正常运行的必要条件。在实际工作中首先应解决发射机输出功率同相移合成输出问题，其次是解决发射机同步激励，保证两部发射机都能工作在相同频率、相同调制、相移一致的基础上完成发射播出，实现并机达到提升覆盖区域收听效果目标。

### 2. 1 实验按预定的技术改造方案进行

在原主用发射机的激励器输出端加装一个无源 3dB 信号分配板，利用相同材质、相同长度的分配电缆，将激励器输出信号馈送到两部发射机的激励信号分配板，两部发射机使用同一激励器推动工作，保证两部并机发射机的同频、同相、同调制度要求。图 3 表述出激励器信号分配情况。使用相同材质、相同长度的分配电缆是为了保证馈送给两部发射机信号线缆损耗、相移等的一致性，也是决定并机成功与否的关键。

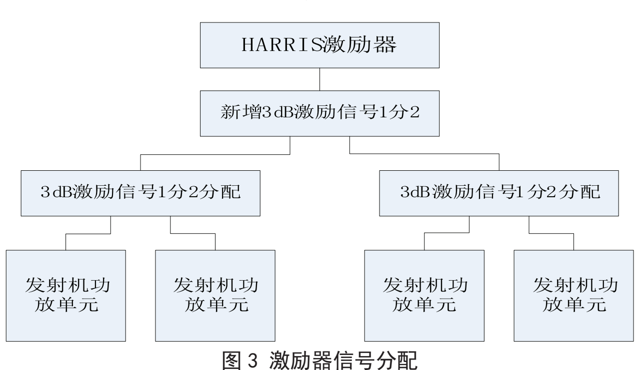



图 3 激励器信号分配

在两部发射机输出合成端加装发射机 3dB 功率合成器一套，实现两部发射机并机输出合成。调整两部发射机间距，使输出合成器的两个输入端正好与发射机射频输出口相对应，利用发射机顶端支撑合成器，保证合成器前端有最少的连接器件，减少功率损耗和相位的偏差。将 3dB 合成器输出端用硬馈连接到发射系统的多工器，3dB 合成器吸收端加装 5KW 吸收负载一套，目的是吸收两部发射机相移不一致时产生的剩余功率。按设计方案连接好各种线缆、硬馈后，在吸收负载前加装一个测试功率表，用来监测两部发射机相移不平衡情况，为后期调整两部发射机的相移提供参考。

开启两部发射机电源，同时增加两部发射机输出功率，使每部发射机都增加到 5KW，观察吸收负载前串接的功率表读数情况，用来检查两部发射机相移的一致性。从实际功率表读数情况看，两部发射机并机后能够实现相移一致性，在吸收负载前的功率表读数都相对很小。

增加激励器功率输出从 28W 提升到 49.7W，实现 2 部 10KW 满功率满调制工作，测试假负载吸收功率。分别对两部发射机开关机、升降功率及功率不平衡试验：两部发射机无论保持功率一致还是人为调整两部发射机功率不平衡（调整两部发射机输出功率相差 1KW 左右），吸收负载前端的功率表读数都在允许的范围内波动（平均都在 3–40 瓦范围内），可以确认两部发射机正常工作后，并机后吸收负载的剩余功率测试值均在正常范围。吸收负载选用美国进口 BIRD 假负载，额定使用平均功率 5KW，短时间可以承受 10KW，能够应对任何特殊的功率等级、功率变化、故障关机等状态。功率不平衡测试：调整两部发射机功率，保持两部发射机功率输出功率相差 1KW 以内，测试吸收负载吸收功率数据略。两部 10KW 发射机在保持不同发射功率的情况下，吸收负载测量的平均值在 40W 以内，确认两部发射机能保持相位一致性工作。

实验完成后，保持两部发射机满功率满调制并机播出试运行，即：两部发射机均采用满功率 10KW，并机后 20KW 满调制运行，发射机工作稳定，各项技术指标正常。

## 3. 并机试验前后场强收测

两部 10KW 调频发射机并机实验前后，以 GB/T 14109–1993《电视、调频广播场强测量方法》、GB/T 16463–1996《广播节目声音质量主观评价方法和技术指标要求》为依据，采用车载移动测试和定点测量相结合的方式，分别对项目改造前后进行了两次市区内及郊区部分较有代表性的测试点进行场强收测，经对大批量的路测数据统计分析，第二次收测到的场强数值比第一次收测到的场强数值整体提升 2.8 分贝，市内收听效果改善明显，特别是原市区内电磁环境较为复杂的地点，收听效果大幅提升。

## 4. 并机试验效果

并机试验后，两部发射机均能满功率 10KW（并机后 20KW）满调制、满时间运行，发射机工作稳定，各项技术指标正常。在市区对播出情况进行实地收测和主观评价，改造后实测的场强数值比实施前场强数值整体提升 2.8 分贝，实测数据与理论计算提升值基本相当，市区内收听质量、收听效果明显改善。此并机试验的成功，开启了我省调频大功率并机实验的序幕，并提供了一些理论和实践经验，为加强广播强传强覆盖提供了可行性依据，具有较强的可操作性和很强的现实意义。媒

## 参考文献

[1] 调频广播覆盖网技术规定 GY/T196–2003
[2]ITU–R P.1546–4 建议书 30 MHz 至 3 000 MHz 频率范围内地面业务点对面预测的方法 .
[3]《ITU — R370 — 5 建议书的传播曲线及其使用方法》韦世修

（作者单位：河南广播电视台）